

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE 10 HÍBRIDOS
DE MAÍZ FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA.**

Por:

RUBICEL FERNÁNDEZ LÓPEZ

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA:

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

ABRIL 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE 10 HÍBRIDOS
DE MAÍZ FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA.**

POR:

RUBICEL FERNÁNDEZ LÓPEZ

TESIS

**QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

DR. HÉCTOR JÁVIER MARTÍNEZ AGÜERO

VOCAL:

DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:

MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL SUPLENTE

DR. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA.

ABRIL 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRICIONAL DE 10 HÍBRIDOS
DE MAÍZ FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA.**

POR:

RUBICEL FERNÁNDEZ LÓPEZ

TESIS

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESORES

ASESOR PRINCIPAL:



DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

ASESOR:



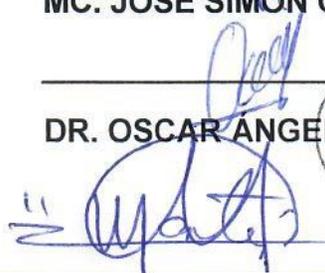
DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:



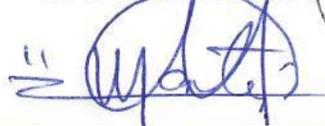
MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

ASESOR:



DR. OSCAR ANGEL GARCÍA





M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA.

ABRIL 2017

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme la vida y la gran familia que tengo por la fortaleza y el bienestar que me ha dado para aprender tantas cosas nuevas y el gran valor para culminarlas.

A mi tío **Héctor Fernández Hernández** con mucho respeto y cariño hacia él, por ser la gran persona que es: antes que nada agradecerle a Dios por darle salud, fortaleza y confianza para así siempre apoyarme y ser parte de su familia. Nunca me cansare de agradecerle. Sé que fueron muchos momentos de angustia, trabajo, sacrificio; pero gracias a todo ese esfuerzo y dedicación hemos logrado un objetivo, una meta más. Es por eso que le agradezco mucho y así siempre lo estaré. Hoy más que nada sé que unidos podemos lograr grandes cosas y el gran ejemplo que siempre he seguido de su persona es el gran apoyo hacia la familia. Sin más preámbulos yo espero logre todos sus objetivos y que todas esas metas propuestas, siempre se le cumplan. CON TODO MI SER Y MI MAS PROFUNDO CARIÑO 'MUCHAS GRACIAS'

A mi "ALMA TERRA MATER", por abrirme sus puertas y pertenecer a esta gran institución y ser un gran buitre con orgullo dentro de sus listas, educándome y prepararme para así tener esas bases en cuanto a lo profesional.

A mi asesor principal Dr. Héctor Javier Martínez Agüero por su gran apoyo en las revisiones del presente trabajo que si no fuese por él, esta investigación no hubiese sido posible, y sin lugar a dudas le agradezco por ser la gran persona que es y darme un lugar para realizar este trabajo y ser parte de su equipo de trabajo.

Al Dr. Ogaz por brindarme todo su apoyo, y así poder culminar todo mi trabajo MUCHAS GRACIAS.

Al MC. José Carrillo Amaya, por su colaboración en este trabajo y la revisión de este documento para culminar con la presente investigación.

Al Dr. Oscar Ángel García por su colaboración en este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres:

Hugo Fernández Hernández

y

Angélica Virginia López Martínez

Por traerme a este mundo, y a pesar de tantas diferencias y separación salir adelante.

A mis abuelos:

Gonzalo Fernández Domínguez

Y

Isabel Hernández Gonzales

Por brindarme ese calor paternal y cuidarme cuando más lo necesite, hacer de mí para bien con sus consejos y sabiduría para así enfrentar cada situación que el destino me tenga preparado, nunca los olvidare han sido lo mejor en mi vida.

A mis tíos: Sosimo, Josefina, Paulina, Lina y Guillermo, Primo, Héctor, Yadira.

Por su enorme apoyo que siempre me brindaron, sus grandes consejos que nunca me faltaron para así no debilitarme en este trayecto, una meta más en mi vida.

A mis hermanas: Roció, Vianey, Karina Yamileth.

Porque siempre estuvieron ahí brindándome cariño y amor que tanta falta me hacía y a pesar de nuestra separación hemos aprendido tanto y ahora nos damos cuenta que aunque la distancia sea larga, siempre estaremos juntos toda la vida.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	III
INDICE	V
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	3
1.2. Objetivo.....	4
1.3. Objetivo general	4
1.4 Hipótesis	4
1.5. Metas.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Generalidades del maíz	5
2.2 El maíz como cultivo forrajero	5
2.3 Teoría del ancestro común	7
2.4 Importancia del cultivo de maíz	8
2.5 Importancia a nivel regional.....	8
2.6 Importancia a nivel nacional	9
2.7 Importancia a nivel mundial.....	9
2.8 Calidad del maíz	10
2.8.1 Clasificación taxonómica.....	11
2.8.2 Desarrollo vegetativo del maíz.....	11
2.8.3 Etapa cero.....	12
2.8.4 Etapa uno.....	12
2.8.5 Etapa dos	12
2.8.6 Etapa tres.....	12
2.8.7 Etapa cuatro	13
2.8.8 Etapa cinco	13

2.8.9 Etapa seis	13
2.8.10 Etapa siete	13
2.9 Descripción botánica y morfológica	14
2.9.1 Descripción.....	14
2.9.2 Sistema radical.....	14
2.9.3 Tallo.....	15
2.9.4 Hojas	15
2.9.5 Flores	16
2.9.6 Fruto	17
2.9.7 Polen	18
2.9.8 Características del cultivo.....	19
2.9.9 Característica de una planta forrajera ideal.....	19
2.9.10 Requerimientos del cultivo	19
2.9.11 Híbridos.....	20
2.10 Tipos de híbridos (López y Chávez, 1994).	20
2.10.1 Simple	20
2.10.2 Triple	21
2.10.3 Doble	21
2.10.4 Densidades	21
2.10.5 Rendimiento de maíz forrajero.....	22
2.10.6 Calidad nutricional del maíz.....	23
2.10.7 Materia seca.....	23
2.10.8 Energía neta de lactancia	23
2.10.9 Fibra detergente ácida.....	24
2.10.10 Fibra detergente neutra.	24
2.10.11 Digestibilidad.....	24
2.10.12 Consumo de materia seca.....	25
III. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1 Localización geográfica	26
3.2 Localización del sitio experimental.....	26
3.3 Clima	26

3.4 Material genético.....	27
3.5 Labores culturales	28
3.5.1 Preparación del terreno.....	28
3.5.2 Siembra.....	28
3.5.3 Fertilización	29
3.5.4 Labores de cultivo	29
3.5.5 Control de malezas	29
3.5.6 Control de plagas.....	30
3.5.7 Riegos	30
3.5.8 Cosecha	30
3.6 Características agronómicas evaluadas.....	31
3.6.1 Días a floración masculina.....	31
3.6.2 Días a floración femenina.....	31
3.6.3 Altura de planta.....	31
3.6.4 Altura de la mazorca	32
3.6.5 Número de mazorcas.....	32
3.6.6 Número de hojas	32
3.6.7 Número de nudos.....	32
3.6.8 Número de plantas.....	33
3.6.9 Peso verde total de la planta.....	33
3.6.10 Peso total de mazorcas	33
3.6.11 Rendimiento de forraje fresco por hectárea	34
3.6.12 Porcentaje de materia seca	34
3.6.13 Rendimiento de materia seca por hectárea	34
3.7 Análisis bromatológico.	35
3.8 Análisis estadístico.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Densidad de población (PI/Ha).....	43
4.2 Rendimiento de forraje fresco	44
4.3 Rendimiento de materia seca.....	44
4.4 Porcentaje de forraje fresco.....	44

4.5 Porcentaje de materia seca.....	45
4.6 Días a floración femenina.....	45
4.7 Días a floración masculina.....	46
4.8 Características de calidad.....	48
4.8.1 Fibra detergente ácida.....	48
4.8.2 Fibra detergente neutra.....	48
4.8.3 Energía neta de lactancia.....	49
4.8.4 Digestibilidad.....	49
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. LITERATURA CITADA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz de acuerdo con el autor (Robles 1994).	11
Cuadro 2. Composición promedio de un cariósido de maíz perteneciente a la especie Zea mays. L (Usach et al., 2003).	18
Cuadro 3. Híbridos de maíz forrajero, evaluados en el presente estudio, en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL	27
Cuadro 4. Soluciones utilizadas para el análisis de laboratorio, para obtener fibra ácido - detergente.	36
Cuadro 5. Soluciones utilizadas para el análisis de laboratorio, para obtener fibra neutro – detergente	37
Cuadro 6. Promedio de tres características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados vs un testigo en la Comarca Lagunera. 2015.	39
Cuadro 7. Promedio de tres características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera. 2015	46
Cuadro 8. Promedio de cuatro características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera. 2015.	47
Cuadro 9. Promedio de cuatro características de calidad y rendimiento de diez híbridos de maíz forrajero en la Comarca Lagunera. 2015	51
Cuadro 10. Parámetros de calidad de forraje de maíz (Lozano, 2000).	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Promedio de Altura de planta de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.....	41
Figura 2. Promedio de Altura de mazorca de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.....	42
Figura 3. Promedio de Número de hojas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.....	43
Figura 4. Fibra Detergente Ácida de maíz forrajero en la Comarca Lagunera	52
Figura 5. Fibra Detergente Neutra de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.	53

RESUMEN

Durante el ciclo primavera verano del 2015 se llevó a cabo en el campo agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la evaluación de 10 híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de alto potencial forrajero, los híbridos que se usaron en el experimento son: ABT-1404, ABT-1285, ABT-1226, ABT-8576, Arrayan plus, ABT-1280, Torreón II, JPX-101, JPX-102, HT-9019. La siembra se realizó dentro del periodo primavera-verano de la Comarca Lagunera, efectuándose el 24 de abril. Se sembraron en 4 surcos por híbridos en 2 melgas de 100 metros de largo por 16 de ancho con un total de nueve semillas por metro lineal, para aproximadamente 110.000 pts. /ha.

Para la evaluación se consideraron las siguientes variables agronómicas y bromatológicas; Altura de Planta (AP), Altura de Mazorca (AM), Número de hojas (NH), Floración masculina y femenina; Rendimiento de forraje fresco y Rendimiento de materia seca. Fibra Detergente Acida (FDA), Fibra Detergente Neutra (FDN), Energía Neta de Lactancia (ENL), Digestibilidad (DIG).

El híbrido más precoz fue el HT-9019 con 71 días después de la siembra, mientras que el más tardío fue Torreón II con 92 dds.

En el rendimiento de forraje fresco el híbrido JPX-101, obtuvo 64.72 ton/ha siendo este híbrido el de mejor respuesta, mientras en el rendimiento de materia seca el híbrido HT-9019 con 24.34 ton/ha, siendo el de mayor porcentaje.

Los resultados indican que los siguientes híbridos están dentro de un término medio ABT-1226,JPX-101,HT-9019 con 33 y 34 %,y los genotipos con menor porcentaje fueron ABT-1285, Torreón II, ABT-1280 con 40 y 44 %; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor FDA con una media general de 38.03 %.

Los resultados obtenidos en cuanto a porcentaje de Fibra Detergente Neutra, de acuerdo a las recomendaciones de (Lozano, 2000) hace referencia que el híbrido Torreón II fue de buena calidad con un valor de 46 %, por el contrario el híbrido ABT-1404 resultó con un menor valor de 39 %, en tanto que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor FDN con una media general de 32.88 %.

En el presente estudio de acuerdo a la referencia por (Lozano, 2000) se observa que el híbrido Torreón II con (1.70 Mcal/kg), fue de alta calidad; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se encuentra entre los de menor ENL con una media general de 0.75 Mcal/kg.

De acuerdo a las recomendaciones de (Lozano, 2000) hace referencia que mayor de 68 % es de alta calidad y de 61 a 67 % es de mediana calidad, por el contrario menor de 60 % es de baja calidad; en tanto que el híbrido testigo

Arrayan-plus se ubica entre los de menor digestibilidad con una media general de 33.32 %.

Palabras clave: Maíz, Híbrido, Rendimiento, Calidad y Forraje.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, alimento para el ganado o fuentes de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo las cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos. Hoy en día se cultiva hasta los 58 ° de la latitud Norte en Canadá, 40° de latitud Sur en Argentina y en las cordilleras de los Andes a los 3800 msnm. La mayor parte del cultivo es sembrado en altitudes medias (Paliwal, 2001).

El cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 95 t/ha (Wang-Yong *et al.*, 1997: Aldrich y Leng, 1974), en un corto tiempo, y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo en el momento de la cosecha. En México el ciclo agrícola 2008/2009, se cosecharon 2,949,967 ha, de las cuales 403,385 ha corresponden a la producción de forrajes, y la superficie para maíz forrajero (*Zea mays* L.) fue 28,212 ha. (CONAGUA, 2010).

En México la demanda de forraje aumenta considerablemente conforme pasan los años; una alternativa que se presenta es el maíz como elemento forrajero, el cual tiene algunas ventajas como son el cultivo establecido que ocupa el terreno durante una corta temporada y aprovecha el agua de riego en forma eficiente, con facilidad para ensilarse. El forraje obtenido generalmente es ensilado para utilizarse en la época crítica (Rodríguez, 1996).

En la Comarca Lagunera de México, la producción de leche de bovino es la principal actividad agropecuaria, con aproximadamente 214 mil cabezas de ganado bovino lechero en producción con 5.13 millones de litros diarios lo cual demanda una gran cantidad de forraje de calidad. En 2004 se sembraron en la región 89 076 hectáreas de cultivos forrajeros, entre los cuales el maíz (*Zea mays* L.) ocupó el segundo lugar en importancia con 26 539 hectáreas y un rendimiento promedio de 49 toneladas por hectáreas de forraje verde (17 toneladas por hectárea de materia seca) (el siglo de torreón.2006).

Reta *et al.*, 2006, comenta que debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la región lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad del maíz es alta y resultados de su investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 ton/ha de forraje fresco y 24 ton/ha de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento.

1.1 Justificación

En la Comarca Lagunera la producción de maíz forrajero, en la situación actual demanda mayores alternativas en lo referente a híbridos con amplia adaptación a las condiciones agro-ecológicas de la región y alto nivel productivo, esto es referente para sostenimiento de ganado bovino lechero ya que la región es importante en el país por la crianza para la producción de leche.

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción, el valor energético y eficientar la producción de materia seca por m³ de agua, la falta de híbridos para la Comarca Lagunera, representa un problema actual, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región para producción de grano y forraje. Los estudios sobre el conocimiento de la acción génica que controla los caracteres de interés económico, es básico en un programa de mejoramiento para lograr avances reales. El objetivo del presente trabajo fue estimar la selección de por lo menos un híbrido que tenga alto rendimiento de forraje verde y materia seca.

1.2. Objetivo

1.3. Objetivo general

Evaluar diferentes híbridos comerciales de maíz forrajero, en cuanto a su capacidad de producción y calidad bromatológica para cuantificar valores de importancia forrajera en las condiciones de la Comarca Lagunera.

1.4 Hipótesis

Ho. Al menos uno de los híbridos evaluados es superior al testigo en capacidad de producción y calidad de forraje.

Ha. El testigo es superior en capacidad productiva y calidad forrajera a todos los tratamientos en estudio.

1.5. Metas

Lograr identificar híbridos superiores en capacidad de adaptación y potencial de rendimiento a los actualmente recomendados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del maíz

Bernal (2008). La planta del maíz es un pasto anual gigante de la familia de las gramíneas. Su domesticación data de entre 5,000 y 10,000 años A.C. Es de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día su cultivo se ha difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU se destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz, los hallazgos más antiguos del maíz han sido encontrados en la zona de México.

2.2 El maíz como cultivo forrajero

El maíz forrajero es cultivado en forma extensiva para la alimentación de ganado. Se recoge y se ensila para suministro en épocas de no pastoreo, la siembra se efectúa en las poblaciones si se utiliza como alimento en verde, de manera que la densidad de la siembra es de 30 a 35 kg/ha se siembra en hileras con una separación de 70 a 80 cm y con siembra a chorrillo, se recogen variedades con alta precocidad para mejorar desarrollo de la planta. El valor nutritivo del ensilaje destaca por su valor energético, tanto en proteínas como en sales minerales, el contenido de materia seca del maíz ensilado se consigue con un forraje bien conservado (Infoagro, 2007).

La cosecha para forraje debe realizarse cuando los granos de maíz se encuentran en estado lechoso, de preferencia en el último, por ser cuando se obtiene el equilibrio de la máxima calidad y el óptimo rendimiento. Bajo estas condiciones, el forraje verde contiene aproximadamente el 70 % de humedad y un óptimo desarrollo de hidratos de carbono fácilmente fermentable y aprovechable si se somete a ensilar. Se ha demostrado que el forraje verde que se cosecha después de la época oportuna para realizar el corte, disminuye la proteína bruta y aumenta la celulosa, lo que determina una reducción gradual del valor nutritivo (Robles, 1983).

Un buen híbrido de maíz debe poseer las siguientes cualidades: el rendimiento de forraje verde mayor de 50 ton/Ha, rendimiento de forraje fresco o materia seca mayor a 25%, valor relativo de forraje mayor a 120, energía neta de lactancia mayor a 1.45 MgCal/Kg, digestibilidad de la materia seca mayor a 65%, contenido de fibra detergente ácido menor al 30% y contenido de fibra detergente neutra menor a 60% (Vergara, 2002).

El creciente aumento de las demandas de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantean la necesidad de definir estrategias que identifiquen fuente de germoplasma y se aproveche el potencial genético existente a través de programas de desarrollo genéticos para la mayor producción y calidad forrajera (Peña *et al.* 2004).

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada, ya que contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera, frente a requerimientos animales de relativa constancia. Se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a tres causas principales:

- a). Alto volumen de producción en un solo corte.
- b). Alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables.
- c) Relativa amplitud del periodo de cosecha.

(Beriola, 2002).

2.3 Teoría del ancestro común

El cultivo del maíz, el teocintle y el tripsacum, provienen de un ancestro común, originado en las tierras altas de México y Guatemala; actualmente ya extinguida, se cree que tenía un grado de adaptación muy pobre y se extinguió cuando los indígenas empezaron a domesticar el maíz. Se considera que las diferencias entre maíz y teocintle, surgieron aisladamente, pero que de tal diferenciación, no ocurrió en poblaciones de maíz y teocintle, que siguieron creciendo juntos; a esto se debe que el maíz y el teocintle se crucen con facilidad (Robles, 1994).

2.4 Importancia del cultivo de maíz

El maíz es por mucho el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0% no obstante los decrementos registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8%, respectivamente. El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera (Infoagro, 2007).

2.5 Importancia a nivel regional

El maíz ocupa un lugar sobresaliente en la economía regional, donde se siembran más de 30 mil hectáreas año tras año y es así que durante el ciclo 2008, se produjo maíz forrajero en 28,627 hectáreas, produciéndose 1,253,231 toneladas (Palomo Gil, 2009).

2.6 Importancia a nivel nacional

La Comarca Lagunera, a nivel nacional, es una de las cuencas lecheras más importantes, donde siembran anualmente un promedio de 15,000 ha de maíz forrajero de cuales 90% de los híbridos comerciales que se siembran son desarrollados para otras regiones del país y de compañías multinacionales. En los últimos 10 años de evaluación, se han incluido 152 híbridos de maíz diferentes identificándose materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, ensilado de alta calidad y producciones de 52 toneladas por hectárea de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Turren-Fernández *et al.*, 20005).

2.7 Importancia a nivel mundial

El maíz es de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, alimento para el ganado o fuentes de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo las cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos. Hoy en día se cultiva hasta los 58 ° de la latitud Norte en Canadá, 40° de latitud Sur en Argentina y en las cordilleras de los Andes a los 3800 msnm. La mayor parte del cultivo es cultivado en altitudes medias (Paliwal 2001).

2.8 Calidad del maíz

Los forrajes son una fuente de alimento económico para el ganado de leche y carne. Estos aportan una cantidad importante de nutrientes para el mantenimiento y producción animal (Cantú, 2001).

Como cualquier otro cultivo, el maíz requiere de una cantidad suficiente de nutrientes adecuados para satisfacer sus necesidades. Misma cantidad que es absorbida del suelo, la cual varía en tiempo y por fertilidad natural del mismo. Los principales nutrientes que demanda el cultivo forrajero se presentan con regularidad deficiente en el suelo, los cuales pueden ser aportados aplicando diferentes fertilizantes ya sea, químicos, estiércoles y residuos de cosecha. Es importante mencionar que el uso de fertilizantes químicos es riesgoso porque incrementa el costo de producción y puede contaminar el suelo y el agua, principalmente con nitratos (Salazar *et-al.*, 2003).

2.8.1 Clasificación taxonómica.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz de acuerdo con el autor (Robles 1994).

Categoría	Ejemplo
División: Tracheophyta	Subdivisión: Pteropsidae
Clase: Angiosperma	Subclase: Monocotiledoneae
Orden: Graminal'es	Familia: Gramineae
Tribu: Maydeae	Género: Zea
Especie: Mays	Nombre científico: <u>Zea Mays L.</u>

2.8.2 Desarrollo vegetativo del maíz.

Reyes (1990). El maíz es un cultivo que requiere un periodo mínimo de crecimiento de 120 días. La planta de maíz transcurre por diferentes etapas tanto vegetativas como reproductivas.

2.8.3 Etapa cero

Emergencia de la plántula: la plántula emerge a los 4 o 5 días después de la siembra.

2.8.4 Etapa uno

Cuatro hojas totalmente emergidas: 2 semanas después de la emergencia de la plántula.

2.8.5 Etapa dos

8 hojas totalmente emergidas, 4 semanas después de la emergencia de la planta. Este es un periodo de rápida formación de hojas; una deficiencia de nutrimentos en este estado reduce seriamente el crecimiento de las hojas, se presenta una alta demanda y se inicia una máxima utilización del nitrógeno.

2.8.6 Etapa tres

12 hojas totalmente emergidas, 6 semanas después de la emergencia de la planta.

2.8.7 Etapa cuatro

Comienzo de la floración, 8 semanas después de emergencia de la plántula.

2.8.8 Etapa cinco

Polinización, 9 semanas después de la emergencia de la plántula.

2.8.9 Etapa seis

Fecundación y fructificación del grano, 12 semanas después de la emergencia de la plántula.

2.8.10 Etapa siete

Maduración y secado del grano, hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo grado de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35 % de humedad.

2.9 Descripción botánica y morfológica

2.9.1 Descripción

Zea mays L., es una especie monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las poaceas (gramíneas). A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada, su ciclo de vida varía de 80 a 200 días, desde la siembra hasta la cosecha (Inifap, 2007).

2.9.2 Sistema radical

La raíz principal está representada por una a cuatro raíces seminales, que al dejar de funcionar como tales, principian a desarrollar gran cantidad de raíces fibrosas, los cuales se localizan en la corona, ramificándose en raíces secundarias y terciarias y esta a su vez en los pelos radicales y en donde presenta la mayor absorción de agua (Robles, 1994).

2.9.3 Tallo

La planta de maíz presenta un tallo principal, el cual alcanza la superficie del suelo al estado de quinta hoja; a partir de la sexta hoja, se inicia un rápido crecimiento del tallo en altura, el que se manifiesta especialmente a través de la elongación de los internudos inferiores.

Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista, en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja. Los tallos son muy robustos, y dependiendo de la precocidad del cultivar pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos. Las plantas pueden lograr un gran crecimiento, alcanzando hasta más de 4 cm de altura.

En los cultivares híbridos más utilizados en nuestro país (intermedios y semi-tardíos), la altura promedio de las plantas alcanza aproximadamente a 2.0 m, la altura definitiva de una planta de maíz se alcanza cuando se produce la completa elongación de la panoja (Usach *et al.*, 2003).

2.9.4 Hojas

El número de hojas, dependiendo del cultivar, puede variar entre 12 y 24, siendo lo común que oscile entre 15 y 22. Las hojas son alternas, alargadas, de borde áspero, finalmente ciliado y algo ondulado. Las hojas están compuestas por las siguientes estructuras:

- a) Vaina: se origina a partir de un nudo del tallo, envolviendo prácticamente al entrenudo superior.
- b) Lamina: se origina a partir de la vaina, comprendiendo la vena central, un conjunto de venas paralelas a esta y el tejido intracelular.
- c) Lígula: corresponde a una lengüeta membranosa y transparente; se sitúa en la parte terminal de la vaina, justamente en el punto en que comienza a desarrollarse la lámina.

2.9.5 Flores

La inflorescencia masculina o panoja, normalmente se hace visible entre las últimas hojas de la planta, 7 a 10 días antes de que aparezcan los estilos de la inflorescencia femenina, rodeando las dos flores contenidas en cada espiguilla se presenta dos glumas; al interior de ellas, cada flor se presenta encerrada entre dos estructuras: La lemma o glumela inferior, ubicada en forma adyacente a una de las glumas y la palea o glumela superior, que se sitúa entre las dos flores. La estructura que comprende la lemma, la pálea y la flor se denomina antecio, existiendo dos antecios en cada espiguilla.

La inflorescencia femenina está conformada por espiguillas, las cuales se ubican en forma individual en cada una de las cavidades de la coronta; cada espiguilla a su vez, contiene dos flores, de las cuales sólo una logra emitir su estilo; la otra flor aborta, originándose por lo tanto solo un grano por cavidad.

Entre los veinticinco y treinta días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este. Transcurridos de cuatro a seis semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. Se considera como floración al momento en el que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de cinco a ocho días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias.

El periodo más crítico de la planta de maíz es el que transcurre desde semanas previas a la floración, acusando más adelante cualquier deficiencia producida en este momento de manera irreparable (Guerrero, 1992).

2.9.6 Fruto

La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariósipide; la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endosperma y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón.

Cuadro 2. Composición promedio de un cariósido de maíz perteneciente a la especie *Zea mays*. L (Usach *et al.*, 2003).

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12,0-13,0
Almidón	65,0-70,0
Azúcares	1,0-2,0
Proteína	10,0-11,0
Grasa	4,0-5,0
Fibra	2,0-2,5
Ceniza	1,0-2,0

2.9.7 Polen

El polen es trinuclear conteniendo numerosos granos de almidón y dos capas resistentes (exina e intina). Los estambres están cubiertos por tricomas abiertos reteniendo los granos de polen eficazmente. En general, la protandria no es verdadera ya que el gineceo madura y los estambres son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura (Paliwal, 2001 b).

2.9.8 Características del cultivo

La variabilidad genética del maíz en México ha sido el foco de numerosos estudios que han descrito las razas y las relaciones raciales, con base en caracteres morfológicos y de polimorfismo con isoenzimas, describen las razas de maíz en todo México. El rescate, conservación y utilización de las razas de maíz es de gran importancia por su riqueza filogenética e identidad del germoplasma, así como para su mejoramiento genético y para la producción de grano y propósitos especiales (Martin *et al.*, 2006).

2.9.9 Característica de una planta forrajera ideal

El híbrido ideal para ensilaje debería contemplar la alta producción de forraje de calidad, al menos 40-50 % de grano a la cosecha, que la planta se conserve verde en el momento del corte, que la fracción tallo sea muy digestible y que la planta sea resistente a algunas enfermedades, principalmente fungosas (Daña *et al.*, 2005).

2.9.10 Requerimientos del cultivo

Cueto *et al.*, 2006. Los suelos en zonas áridas como los de la Comarca Lagunera son bajos en materia orgánica y nitrógeno disponible en forma natural, por lo que todos los cultivos requieren la aplicación de fertilizante nitrogenado en cantidad suficiente y oportuna. Una baja aplicación de N disminuye la producción

de materia seca al reducir el desarrollo y duración del follaje y la eficiencia fotosintética del foliar.

Espinoza *et al.*, (2009). Menciona que los granos de maíz común son fuente alimenticia para humanos y animales domésticos contienen en su mayor parte hidratos de carbono (74%) y en menor proporción, proteínas (9%), aceite comestible (3.4%) y uno por ciento de fibra.

2.9.11 Híbridos

De la cruz *et al.* (2005). Mencionan que en años recientes se han desarrollado híbridos forrajeros con mayor digestibilidad, bajo el supuesto de que así se incrementa el consumo de materia seca y se logra mayor producción de leche. Al respecto (Arguillier *et al.*, (2000) sugieren desarrollar líneas para la formación de híbridos forrajeros, lo que además permite evaluar un gran número de genotipos prometedores.

2.10 Tipos de híbridos (López y Chávez, 1994).

2.10.1 Simple

Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas puras, la semilla de híbridos F1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común

los híbridos simples son más uniformes y tienden a preservar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

2.10.2 Triple

Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada. La cruce simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos como una cruce triple que una doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de una cruce simple.

2.10.3 Doble

El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrido obtenida de una cruce entre dos cruces simples. Los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruces simples, debido a que presentan mayor variabilidad genética; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

2.10.4 Densidades

Printer *et al.*, (1994). Explica la densidad de plantas necesarias para el máximo rendimiento forrajero es mayor para la producción de grano; no se conoce

con precisión la respuesta de estos maíces a las altas densidades y sus efectos sobre el rendimiento y el valor nutricional.

2.10.5 Rendimiento de maíz forrajero

Amador y Boschini (2000). Explican que el cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 95 t/ha en un corto tiempo, y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo en el momento de la cosecha. El contenido de materia seca varía de 15 a 25 % en la planta verde y la composición química es de 4 a 11 % de proteína cruda, 1 a 3,5 % de extracto etéreo, 27 a 35 % de fibra cruda, 34 a 55% de extracto libre de nitrógeno y de siete a 10 % de cenizas, en la materia seca. Se estima una digestibilidad media de 60% con valores mínimos de 40% en cultivos muy maduros y valores máximos de 71 % en los jóvenes. Cuando el maíz está entre el estado lechoso y pastoso duro, la planta está en su condición óptima para la cosecha y conservación. El contenido de materia seca es de 25 a 31%, 5,7% a 6,7% de proteína cruda, 55 a 59% de fibra neutro detergente, 36% de fibra ácida detergente y 67% de digestibilidad in vitro de la materia seca.

Reta *et al.*, (2000). Mencionan que dos factores determinantes del rendimiento y calidad del maíz forrajero son la densidad de población y la dosis de fertilización nitrogenada.

2.10.6 Calidad nutricional del maíz

Un maíz de alta calidad forrajera es considerado aquel que presenta valores de FAD de 25 a 32%, FND de 40 a 52%, total de nutrientes digeribles (TND) superiores a 65 % y una energía neta de lactancia (ENL) de 1.45 Mcal/kg-1 o más (Olague *et al.*, 2006).

2.10.7 Materia seca

La altura de la planta de maíz influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con aproximadamente el 50 % del peso total para incrementar el contenido de fibras (Rodríguez *et al.*, 2000).

2.10.8 Energía neta de lactancia

Tjardes, 2005. Indica que la energía neta de lactancia es el término usado por el NRC (National Research Council) para estimar los valores energéticos de los alimentos y/o forrajes para vacas productoras de leche. Por lo general se expresa como mega – calorías por libra (Mca/lb) o mega – calorías por kilogramo (Mcal/kg). La NE₁ del ensilaje de maíz es calculada a partir del FDA con la siguiente ecuación.

$$NE_1 = 1.044 - (0.0124 * FDA)$$

Dónde: NE₁=energía Neta de Lactancia y FDA =Fibra Detergente Acida

2.10.9 Fibra detergente ácida.

La fibra detergente ácida contiene principalmente celulosa, lignina y proteína cruda. Está estrechamente relacionado con la fracción no digestible del forraje y es un factor muy importante en el cálculo del contenido energético del alimento. Cuanto mayor es el contenido en FDA, menor es la digestibilidad del alimento y la energía que contendrá (García, 2005).

2.10.10 Fibra detergente neutra.

Esta fracción contiene celulosa, hemicelulosa, y lignina. La FDN suministra la mejor estimación del total de la fibra de un forraje contenido en el FDN o en "paredes celulares", el contenido total en fibra del alimento y está estrechamente relacionado con el consumo de alimento. Al aumentar los valores del FDN, el consumo total del alimento disminuye.

Por lo general se asume que los rumiantes van a consumir un máximo de FDN cercano al 1.2 % de su peso corporal. Las gramíneas contienen más FDN que las leguminosas comparadas a un estado similar de madurez (Thiex, 2005).

2.10.11 Digestibilidad.

Es un indicador del valor nutritivo de un alimento, estima la eficiencia de digestión de un alimento. Es un predictor de la performance animal (función tanto

de las características del alimento del animal) y representa la proporción de la MS (conjunto de nutrientes) disponibles para absorber (Marchai, 2008).

2.10.12 Consumo de materia seca

Es una estimación de la cantidad de alimento que un animal consume como porcentaje de su peso corporal. El consumo de materia seca es calculado usando el FDN. Cuanto más FDN en un forraje, menor es la cantidad que un animal puede consumir.

Ensayos de alimentación indican que el máximo consumo de un alimento, ocurre cuando la FDN es de 1.2 libras por cada 100 libras de peso corporal. Los forrajes deben constituir al menos el 75% de la FDN de la dieta. El consumo de materia seca se estima de la siguiente manera. $DMI (\% \text{ del peso corporal}) = 120 / \text{porcentaje de FDN}$ (García *et al.*, 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

La Comarca Lagunera se localiza en la parte central de la zona norte de México. Se encuentra ubicada entre las coordenadas 25° 32' 40'' Latitud Norte y 103° 26' 30'' Longitud Oeste. La altitud de esta región es de 1, 140 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas.

3.2 Localización del sitio experimental

El trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano del 2015, en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Ubicada en el Periférico y carretera Santa Fe km 1.5, Torreón Coahuila México. Donde se evaluaron 10 híbridos de maíz forrajero de dos compañías semilleras.

3.3 Clima

CNA (2002), define el clima de la Comarca Lagunera de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación promedio entre 200 y 300 mm anuales

en la mayor parte de la región, y de 400 y 500 mm en las zonas montañosas Oeste, con una evaporación anual promedio de 2600 mm. La temperatura media anual es de 20°C; en los meses de Noviembre a Marzo la temperatura media mensual varia de 13.6 y 9.4 °C. La humedad relativa varia en el año, en primavera tiene un valor promedio de 30.1 %, en Otoño de 49.3% finalmente en invierno un 43.1%

3.4 Material genético

Se establecieron un total de 10 genotipos de dos diferentes empresas semilleras, los híbridos evaluados son de ciclo precoz, estos híbridos de acuerdo al desarrollo vegetativo, permitió observar el comportamiento agronómico de los materiales en campo.

Cuadro 3. Híbridos de maíz forrajero, evaluados en el presente estudio, en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL

HÍBRIDOS	COMPAÑÍA SEMILLERA
ABT-1404	AGRIBIOTECH
ABT-1285	“
ABT-1226	“
ABT-8576	“
ARAYAN-PLUS (t)	“
ABT-1280	“
TORREON II	SEMILLAS PORTER
JPX 101	“
JPX-102	“
HT -9019	AGRIBIOTECH

3.5 Labores culturales

3.5.1 Preparación del terreno

El día 11 de marzo del 2015 se barbecho y rastreo, también se hizo una nivelación del terreno.

3.5.2 Siembra

La siembra del experimento se realizó en campo en seco, dentro del periodo recomendado en la región lagunera, el día 24 de abril del 2015. Se sembró con sembradora de precisión "Gaspardo" de 4 tinas en 4 surcos por híbridos en dos melgas de 100 metros de largo por 16 de ancho con un total de nueve semillas por metro lineal.

Se resembró el 4 de mayo, el híbrido Torreón II, esto debido a fallas en la emergencia y por tanto baja población de plantas por hectárea, aplicándose un riego ligero para promover la emergencia.

3.5.3 Fertilización

La fertilización utilizada fue en base al producto comercial fosfato monoamónico MAP, cuya fórmula es 11 – 52 – 00, de la cual se aplicaron 150 kg/ha, lo cual se realizó al momento de la siembra.

3.5.4 Labores de cultivo

Aporcar al cultivo permite que la planta desarrolle en forma más eficiente el sistema radicular. Lo que favorece a una mayor absorción de agua y nutrientes, así como un mejor anclaje de la planta, lo cual además reduce problemas de acame; por otro lado se mantiene al cultivo libre de malas hierbas; con la finalidad de lograr lo anteriormente indicado, se realizó una escarda mecánica a los 27 días después de la siembra y posteriormente se realizó una segunda escarda a los 45 días de la siembra, con esto no se dio presencia de maleza, permitiendo al cultivo una mayor disponibilidad de nutrientes, al no haber competencia con malas hierbas.

3.5.5 Control de malezas

El 2 de junio se aplicó el herbicida “Hierbamine” a razón de 100 ml de producto por bomba con capacidad de 20 l, mezclándose en agua, lo cual da una dosis de aplicación de 3.3 l por hectárea, esto para controlar la maleza presente en el cultivo, tal como quelite, correhuela, trompillo, principalmente.

3.5.6 Control de plagas

Durante el desarrollo del cultivo, uno de los problemas que se presentaron fue la presencia de insectos dañinos, entre los que destacaron el gusano cogollero; para su control el 3 de junio se aplicó un insecticida (clorpirifos) con una dosis aproximada de 0.5 a 0.75 L/ha.

3.5.7 Riegos

La siembra del experimento en campo fue en seco, aplicándose el riego de pre siembra el día 24 de abril del 2015, el 23 de mayo se aplicó el primer riego de auxilio, posteriormente se aplicó el segundo riego de auxilio hasta el día 11 al 13 de julio del 2015. Debido a que se descompuso la noria, pero nos favoreció la precipitación de lluvias torrenciales los días 14 y 15 de junio.

3.5.8 Cosecha

Esta se realizó en forma oportuna en base al estado de madurez de cada híbrido y así obtener la máxima respuesta de producción y calidad nutricional, las cuales se realizaron tomando muestra de cada híbrido para obtener el rendimiento de forraje fresco con tres repeticiones para cada una de las variables en el estudio y posteriormente pasar al laboratorio para realizar los análisis bromatológicos como: peso seco, fibra detergente acida, fibra detergente neutra, energía neta de lactancia y digestibilidad los cuales nos representaran los resultados obtenidos.

3.6 Características agronómicas evaluadas

3.6.1 Días a floración masculina

Se expresó en base al número de días transcurrido a partir de la siembra hasta cuando el 50% de las plantas mostraron liberación de polen, denominado esto como antesis.

3.6.2 Días a floración femenina

Se consideró cuando el 50% de las plantas de cada parcela presentaron los estigmas aproximadamente con 10 a 12 centímetros de longitud fuera de las brácteas.

3.6.3 Altura de planta

Medición en centímetros tomada de la base del tallo a la parte superior de la planta. Para el registro de esta característica agronómica se consideraron cinco plantas con competencia completa.

3.6.4 Altura de la mazorca

Medición en centímetros tomados desde la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal, considerando para esta variable cinco plantas con competencia completa.

3.6.5 Número de mazorcas

El conteo de mazorcas, fue considerándose para esta variable, cinco plantas con competencia completa para cada híbrido por cada repetición.

3.6.6 Número de hojas

El conteo de hojas fue desde la primera hoja verdadera hasta la altura de la espiga, considerando para esta variable cinco plantas con competencia por repetición.

3.6.7 Número de nudos

El conteo de nudos fue desde el primer nudo hasta la altura de la espiga, considerando para esa variable cinco plantas con competencia por repetición.

3.6.8 Número de plantas

Cada unidad de muestreo consistió en 2.25 m, dando un área de 1.687 m² obteniéndose así el número de plantas por muestra, dato necesario para estimar la población de plantas por hectárea.

3.6.9 Peso verde total de la planta

Para obtener este dato se tomaron varias muestras, en la cual se consideró el peso de cinco plantas con competencia completa y se expresó en toneladas por hectáreas.

3.6.10 Peso total de mazorcas

Se pesaron cinco mazorcas por unidad de muestreo, obteniéndose el promedio de mazorca.

3.6.11 Rendimiento de forraje fresco por hectárea

Se realizó una regla de tres, promedio del peso verde total de la planta multiplicada por una hectárea (10,000 m²) y se dividió por 2.25 m que es una muestra tomada en cada parcela de cada híbrido para sacar plantas representativas de cada híbrido.

3.6.12 Porcentaje de materia seca

Par obtener esta variable se realizó una regla de tres, cien multiplicado por el peso seco de la muestra que se metió a la estufa (repetición) dividido entre el peso de una planta por cada repetición.

3.6.13 Rendimiento de materia seca por hectárea

Esta variable se obtuvo multiplicando el rendimiento de forraje fresco sobre hectárea por el porcentaje de materia seca.

3.7 Análisis bromatológico.

Característica importante para determinar la calidad nutricional, antes de realizar el análisis, tuvo que ponerse a secar las muestras durante un aproximado de 48 a 72 horas, dependiendo de la humedad del material, después se molieron las muestras hasta obtener muestras pequeñas para la realización del análisis, tales se realizaron en el laboratorio del departamento de fitomejoramiento de la UAAAN-UL.

El análisis bromatológico se determinó bajo el principio de Van Soest (1967), utilizando un analizador de fibras ANKOM 220. El ensayo consistió en tomar 0.500 g (+0.01 g) de la muestra de materia seca de las plantas que se cosecharon y se colocó en una bolsa de papel filtro (ANKOM # F57). Se colocaron las muestras en el analizador de fibras y se añadió 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FAD. Y para el ensayo de (FDN) a la solución se le agregó 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa. Posteriormente, las muestras para FAD Y FDN fueron digeridas en el analizador de fibras por un espacio de 60 minutos a una temperatura $100\text{ }^\circ\text{C}$ (+- $1\text{ }^\circ\text{C}$).

Cuando el tiempo de digestión fue alcanzado, las muestras se colocaron con agua destilada caliente (aproximadamente $10\text{ }^\circ\text{C}$), realizándose 3 veces el proceso. Para el análisis de FND se agregaron 4 ml de alfa milasa a cada uno de los dos primeros enjuagues. Subsiguientemente se retiraron las bolsas de papel filtro con las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml y se

agregaron 200 ml de acetona y se dejaron por un espacio de 3 minutos, con la finalidad de eliminar probables residuos de las soluciones utilizadas.

A continuación se dejaron las muestras expuestas al medio ambiente por un lapso de 45 min. Para evaporar el acetona pasado en este espacio de tiempo, las muestras se colocaron en una estufa a temperatura de 105° (+-1°C) por 24 h transcurridas las 24 h. Se procedió a pesar las muestras y una vez con el dato obtenido se determinó el porcentaje de FAD y FND con la formula.

Por ciento de FDA y FDN = $(w_3 - (w_1 * c_1)) / w_2$ donde FDA=Fibra Detergente Acida; FDN = Fibra Detergente Neutra; w1=peso de bolsa; w2= peso de muestra; w3=peso de bolsa con muestra después del proceso/peso de bolsa en blanco antes del proceso.

Cuadro 4. Soluciones utilizadas para el análisis de laboratorio, para obtener fibra acido - detergente.

Reactivo	Cantidad
Bromuro de cetyl (CH ₃ (CH ₂) ₁₅ N (CH ₃) ₃ Br	20 g
Trimetil amonio	
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	1L

Cuadro 5. Soluciones utilizadas para el análisis de laboratorio, para obtener fibra neutro – detergente

Reactivo	Cantidad
Lauril sulfato de sodio (C ₁₂ H ₂₅ O ₄ SNa)	150 g
Sal disodica (EDTA)	93.05 g
Tetrabaorato de sodio decahidratado	34.05 g
Fosfato ácido disódico (Na ₂ HPO ₄)	22.80 g
Agua destilada	5 L
Estinglicol	50 ml

3.8 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de los datos y la prueba de medias por el método de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo, donde se evaluaron diez híbridos de maíz forrajero y se realizó un análisis bromatológico para conocer la calidad proteica de cada uno de los híbridos indican los datos como a continuación se detallan.

En altura de planta los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 2.45 y 2.74 m donde destaca con mayor altura el híbrido ABT- 1280, en tanto que el de menor altura fue ABT-1226; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de mayor altura, con una media general de 2.66 m, donde siete híbridos superaron a esta media. Cuadro 6

En altura de mazorca los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 0.85 cm y 1.24 cm donde destaca con mayor altura el híbrido JPX-102, por el contrario el de menor altura fue ABT-1226; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de mayor altura, con una media general de 1.07 cm. Cuadro 6

En la variable número de hojas los híbridos mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 12.3 y 14.0 hojas donde destacan los siguientes híbridos ABT-1404, ABT-1285, ABT-1280, JPX101, en tanto que el híbrido ABT-1226 fue el de menor número de hojas; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor altura con una media general de 13.53 hojas. Cuadro 6

Cuadro 6. Promedio de tres características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados vs un testigo en la Comarca Lagunera. 2015

Híbridos	AP	AM	NH
ABT-1404	2.64 ab	1.16 ab	14.0 a
ABT-1285	2.58 bc	1.09 abc	14.0 a
ABT-1226	2.45 c	0.85 c	12.3 d
ABT-8576	2.71 ab	1.06 abc	13.6 ab
Arrayan-plus (t)	2.70 ab	1.13 ab	13.3 bc
ABT-1280	2.74 a	1.02 abc	14.0 a
Torreón II	2.68 ab	0.98 bc	13.0 c
JPX-101	2.70 ab	0.99 abc	13.3 bc
JPX-102	2.70 ab	1.24 a	14.0 a
HT-9019	2.73 a	1.15 ab	13.6 ab
M.G.	2.66	1.07	13.53
C.V. (%)	2.95	8.41	2.62

De igual forma en la figura 1, se muestra el comportamiento de los híbridos evaluados en forma gráfica de barras donde se aprecian los híbridos de mayor y menor altura de planta.

En la figura 2, se observa el comportamiento de los híbridos evaluados en forma gráfica de barras, donde se aprecian los híbridos de mayor y menor altura de mazorca.

En la figura 3, se aprecia el comportamiento de los híbridos evaluados en forma gráfica de barras, donde se muestran los híbridos de menor y mayor número de hojas.

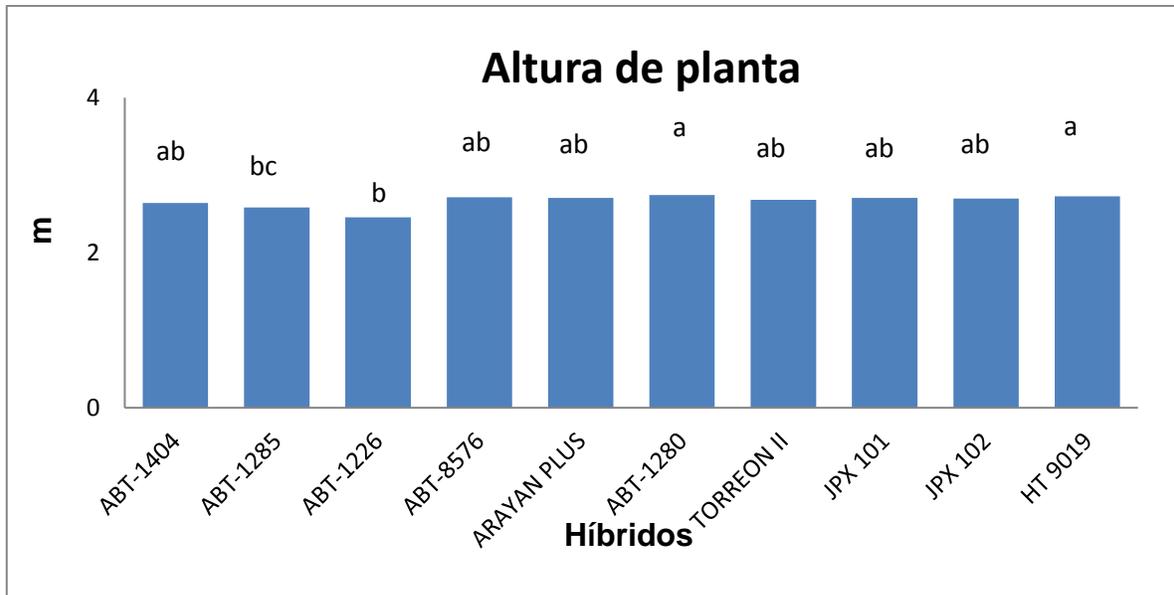


Figura 1. Promedio de Altura de planta de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.

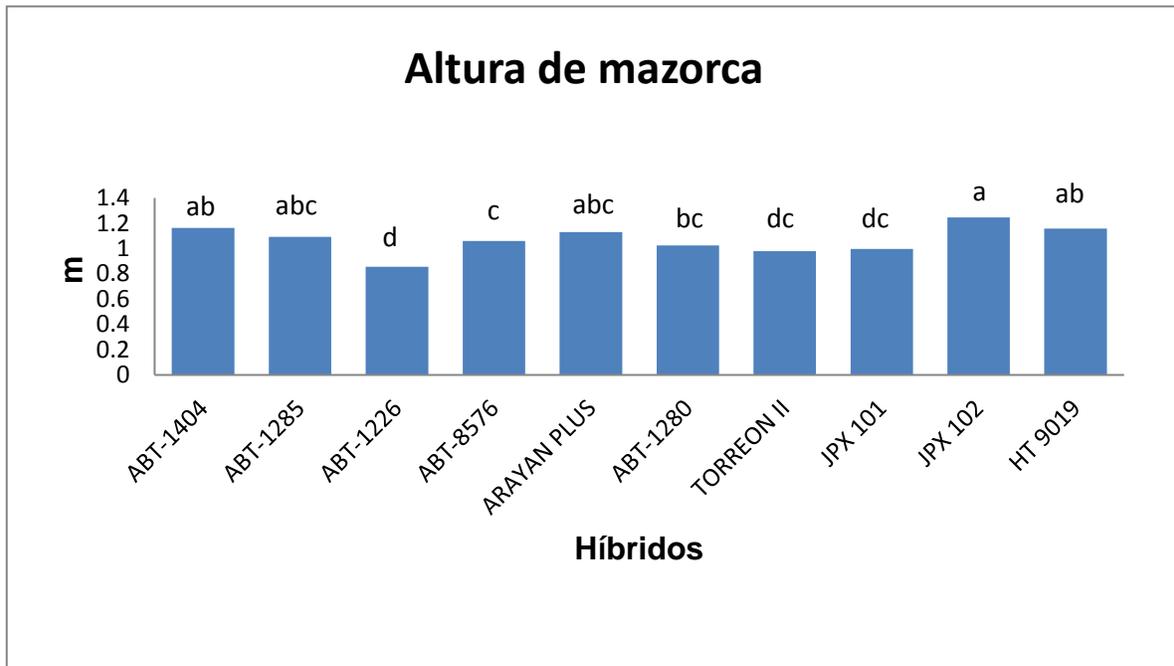


Figura 2. Promedio de Altura de mazorca de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.

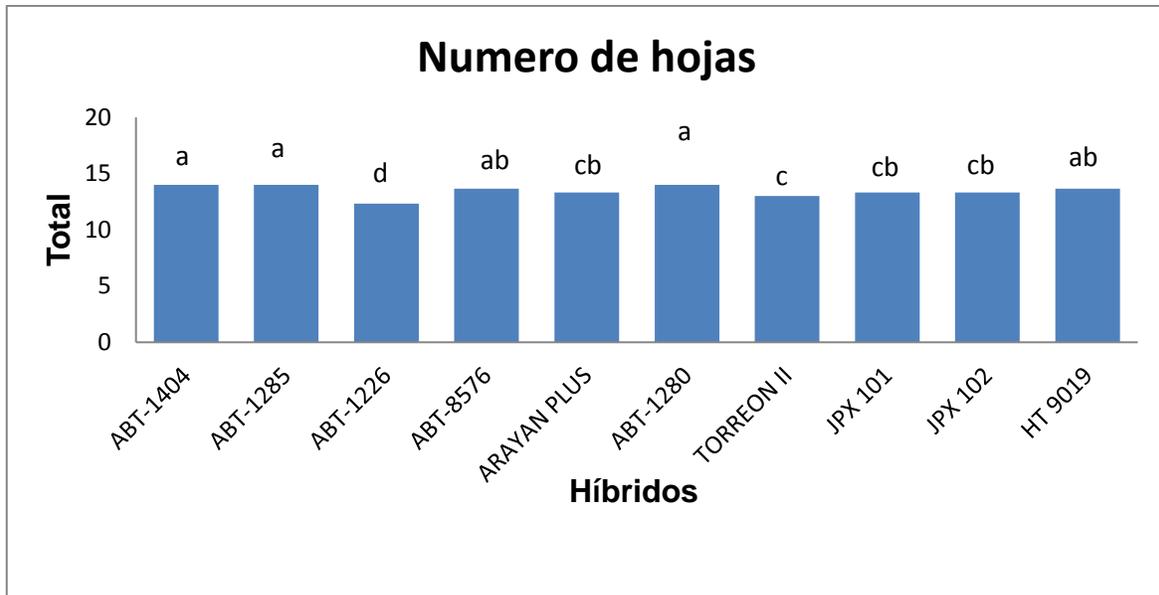


Figura 3. Promedio de Número de hojas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera.

4.1 Densidad de población (Pl/Ha)

Los resultados de este estudio, en cuanto a población de plantas destacan los híbridos HT-9019, Arrayan-plus, ABT-1404, ABT-1285, con valores de 93, 94, 88 y 76 mil pl/ha, por el contrario el híbrido que resultó con menor número de plantas cosechadas fue Torreón II con 58 mil pl/ha, debido a que su poder germinativo fue muy bajo; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de mayor densidad de población de plantas, con una media general de 76.500 pl/ha. Cuadro 7

4.2 Rendimiento de forraje fresco

En los resultados obtenidos se muestra el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 53 y 65 ton-1 donde sobresale con mayor rendimiento el híbrido JPX-101, por el contrario el híbrido con menor rendimiento de forraje fresco fue Torreón II; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de mayor rendimiento de forraje fresco con una media general de 58.66 Ton-1. Cuadro 7

4.3 Rendimiento de materia seca

Los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue 13.21 y 24.34 Ton -1 donde destaca con mayor rendimiento de materia seca el híbrido HT-9019, en tanto que el híbrido de menor rendimiento fue ABT-8576; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de mayor rendimiento de materia seca, con una media general de 16.82 Ton-1. Cuadro 7

4.4 Porcentaje de forraje fresco

En porcentaje de forraje fresco los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento, la variación observada fue entre 61 y 77 % donde destaca con mayor % el híbrido ABT-8576, en tanto que el híbrido de menor %

fue HT-9019; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor % de forraje fresco con una media general de 71.66 %. Cuadro 8

4.5 Porcentaje de materia seca

En porcentaje de materia seca los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación fue entre 23.50 y 39.34 % donde destaca con mayor altura el híbrido HT-9019, por el contrario el híbrido de menor % fue ABT-8576; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor % con una media general de 28.4%. Cuadro 8

4.6 Días a floración femenina

En días a floración femenina los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 73 y 92 días después de la siembra (50% de antesis) donde destaca con mayor días a floración femenina el híbrido Torreón II, en tanto que el de menor días a floración femenina fue HT-9019; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor precocidad con una media de 79.2 días a floración femenina. Cuadro 8

4.7 Días a floración masculina

En este parámetro los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento; la variación observada fue entre 70 a 90 días a partir de la siembra donde destaca con menor precocidad el híbrido HT-9019, en tanto que el de mayor precocidad fue el híbrido Torreón II; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor precocidad con una media general de 76.96 días a floración masculina. Cuadro 8

Cuadro 7. Promedio de tres características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera. 2015

Híbridos	Densidad de población	Rendimiento de forraje fresco	Rendimiento de materia seca
ABT-1404	88,000 abc	55.86 ab	15.31 b
ABT-1285	76,000 c	63.52 a	16.71 ab
ABT-1226	69,000 c	52.66 b	16.74 ab
ABT-8576	69,000 c	56.36 ab	13.21 bc
Arrayan-plus (t)	94,000 a	61.61 ab	18.08 ab
ABT-1280	72,000 c	56.38 ab	14.89 b
Torreón II	58,000 d	52.59 c	14.62 c
JPX-101	73,000 bc	64.72 a	16.41 ab
JPX-102	73,000 bc	61.07 ab	17.90 ab
HT-9019	93,000 ab	61.83 ab	24.34 a
M.G.	76,500	58.66	16.82
C.V. (%)	15.56	10.89	18.87

Cuadro 8. Promedio de cuatro características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero evaluados para determinar su potencial de producción y calidad nutricional en la Comarca Lagunera. 2015.

Híbridos	% de forraje Fresco		% de materia seca		Floración 50%	
					M	F
ABT-1404	72.65	e	27.37	bc	80 b	82 b
ABT-1285	73.66	cd	26.38	bc	78 c	80 c
ABT-1226	68.54	de	31.65	ab	73 f	77 d
ABT-8576	76.97	cd	23.50	bc	76 de	79 c
Arrayan-plus (t)	70.49	de	29.55	abc	76 de	79 c
ABT-1280	73.68	bc	26.13	bc	77 cd	79 c
Torreón II	72.32	a	27.48	c	90 a	92 a
JPX-101	74.67	ab	25.33	bc	73 f	76 e
JPX-102	70.97	bc	29.17	abc	72 g	75 e
HT-9019	60.76	e	39.34	a	70 h	73 f
M.G.	72.20		14.54		76.96	79.70
C.V. (%)	8.93		27.79		0.75	0.75

4.8 Características de calidad

4.8.1 Fibra detergente ácida

Un maíz de alta calidad forrajera presenta valores de fibra detergente acida de 25 a 32% (Lozano, 2000) por lo que se asume que los materiales evaluados fueron de mediana calidad, al menos en cuanto a contenidos de fibra detergente ácida. Cuadro 9

De acuerdo con la evaluación de (Lozano, 2000). Los resultados indican que los siguientes híbridos están dentro de un término medio ABT-1226,JPX-101,HT-9019 con 33 y 34 %,y los genotipos con menor porcentaje fueron ABT-1285, Torreón II, ABT-1280 con 40 y 44 %; cabe indicar que el hibrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor FDA con una media general de 38.03 %. Cuadro 9

4.8.2 Fibra detergente neutra.

Un maíz de alta calidad nutritiva debe poseer valores de fibra detergente neutra de 40 a 52 % (Lozano, 2000), lo cual permite determinar que al menos uno de los híbridos evaluados está dentro del estándar de calidad. Cuadro 9

Los resultados obtenidos en cuanto a porcentaje de Fibra Detergente Neutra, de acuerdo a las recomendaciones de (Lozano, 2000) hace referencia que el hibrido Torreón II fue de buena calidad con un valor de 46 %, por el contrario el

híbrido ABT-1404 resultó con un menor valor de 39 %, en tanto que el híbrido testigo Arrayan-plus se ubica entre los de menor FDN con una media general de 32.88 %. Cuadro 9

4.8.3 Energía neta de lactancia

Es una característica importante que indica la capacidad de los híbridos en cuanto a la producción de niveles de energía básicamente necesarios en la alimentación de vacas en producción ya que la energía neta de lactancia influye directamente en mayor producción de leche. Cuadro 9

En el presente estudio de acuerdo a la referencia por (Lozano, 2000) se observa que el híbrido Torreón II con (1.70 Mcal/kg), fue de alta calidad; cabe indicar que el híbrido testigo Arrayan-plus se encuentra entre los de menor ENL con una media general de 0.75 Mcal/kg. Cuadro 9

4.8.4 Digestibilidad

De acuerdo a las recomendaciones de (Lozano, 2000) hace referencia que mayor de 68 % es de alta calidad y de 61 a 67 % es de mediana calidad, por el contrario menor de 60 % es de baja calidad; los resultados indican que ninguno de los híbridos concuerdan con los resultados encontrados por (Lozano, 2000), ya que los híbridos mostraron una variabilidad que va de 29.48% hasta 38.58 %, por lo tanto, ninguno de los híbridos evaluados fueron de buena calidad. Cuadro 9.

La digestibilidad puede verse afectada por diversos factores como es el estado de madurez de la planta, porcentaje de materia seca. Estudios han demostrado que a medida que la etapa de madurez avanza, se espera que la digestibilidad del forraje se incremente, pues aumenta la proporción del elote que es la parte más digestible del maíz; sin embargo, se ha demostrado que la digestibilidad no cambia con la madurez, esto puede deberse a que en etapas de madurez más avanzadas ocurre una reducción en la digestibilidad de los almidones y de la fibra detergente ácido (González *et al.*, 2006). Además, estos mismos autores indican que al cosechar en etapas de 1/2 a 2/3 de línea de leche es mejor que cosechar en estado masoso porque se incrementan la producción y el valor nutricional del forraje.

Lo anterior también puede relacionarse con el rendimiento de los híbridos, ya que en el pasado, los híbridos de maíz sembrados para producir forraje fueron seleccionados por su porte alto y elevado rendimiento de biomasa (Núñez *et al.*, 2005). Sin embargo, los híbridos seleccionados bajo este esquema no siempre son los mejores para la producción de leche, por diferencias en calidad del forraje: i.e. en contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad de la FDN y de la materia seca (Johnson *et al.*, 2002). Thomas *et al.* (2001) mencionan que un híbrido con menor proporción de elote pero mayor digestibilidad de la materia seca produjo 1.5 kg d⁻¹ más leche por vaca que otro de menor digestibilidad.

Cuadro 9. Promedio de cuatro características de calidad y rendimiento de diez híbridos de maíz forrajero en la Comarca Lagunera. 2015

Híbridos	FDA %	FDN %	ENL	DIG
ABT-1404	39.930 ab	39.263 ab	0.9033 ab	34.990 ab
ABT-1285	40.077 ab	33.477 ab	0.7700 b	35.117 ab
ABT-1226	33.997 b	17.317 c	0.3967 c	29.787 b
ABT-8576	39.387 ab	36.953 ab	0.8467 ab	34.513 ab
Arrayan-plus (t)	36.680 ab	28.187 bc	0.6500 bc	32.140 ab
ABT-1280	4.030 a	32.387 bc	0.7433 b	38.583 a
Torreón II	42.140 ab	46.517 ab	1.700 a	36.923 ab
JPX-101	33.640 b	30.890 bc	0.7067 b	29.480 b
JPX-102	35.550 ab	36.290 ab	0.8333 ab	31.150 ab
HT-9019	34.897 ab	27.553 bc	0.6333 bc	30.577 ab
M.G.	38.03267	32.88333	0.755333	33.326
C.V. (%)	14.47808	23.13063	23.13556	14.47954

En la figura 4, se muestra el comportamiento de los híbridos evaluados en forma gráfica de barras donde se aprecia el promedio de menor y mayor FDA.

En la figura 5, se observa el comportamiento de los híbridos evaluados en forma gráfica de barras, donde se muestran los híbridos de mayor y menor FDN.

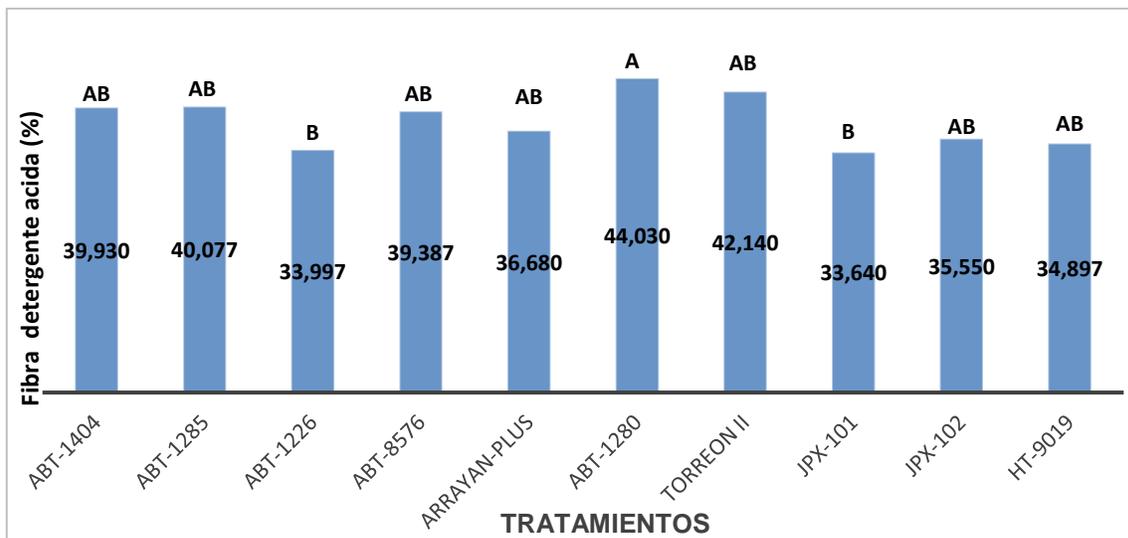


Figura 4. Fibra Detergente Ácida de maíz forrajero en la Comarca Lagunera

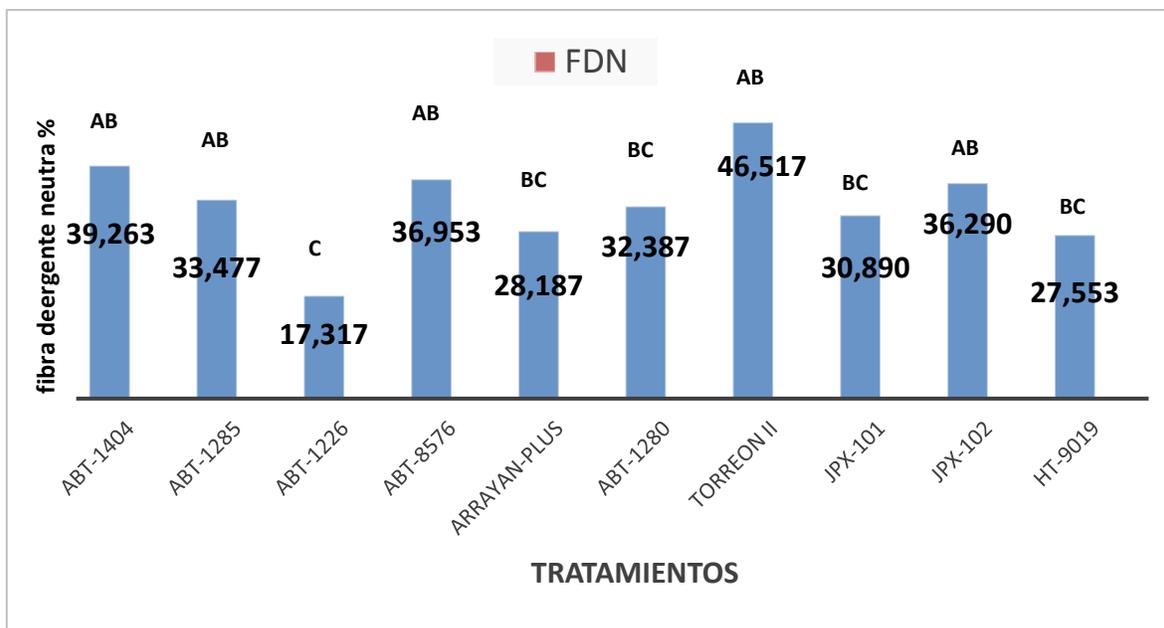


Figura 5. Fibra Detergente Neutra de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.

Cuadro 10. Parámetros de calidad de forraje de maíz (Lozano, 2000).

Calidad	Baja	Mediana	Alta
FDN	>60	de 53 a 59	40 – 52 %
FDA	>35	de 33 a 34	25 - 32 %
ENL (Mcal Kg ⁻¹)	< 1.40	1.31 a 1.48	1.50
DMS	< 60	de 61 a 67	> 68

FDA: fibra detergente ácida, FDN: fibra detergente neutro, ENL: energía neta de lactancia, DMS: digestibilidad de la materia seca.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la altura de planta el híbrido con mejor altura fue ABT-1280 (2.74) metros, el cual resultó estadísticamente diferente a los otros materiales evaluados, el que se presentó con el porte más bajo fue ABT-1226 con (2.45) metros.

En el rendimiento de forraje fresco, el genotipo que sobresale en este sentido fue JPX-101 con 64.71 Ton⁻¹, por el contrario el híbrido con menor rendimiento de forraje fresco fue Torreón II con 52.59 Ton⁻¹.

En el rendimiento de materia seca los híbridos evaluados mostraron el siguiente comportamiento, la variación observada fue entre 13.21 y 24.34 Ton⁻¹, donde destaca con mayor rendimiento de materia seca el híbrido HT-9019, en tanto que el de menor rendimiento fue ABT-8576 Ton⁻¹.

Los genotipos presentaron un alto porcentaje de materia seca, donde los híbridos más destacados fueron ABT-1226, HT-9019 con 31 y 39 %, en tanto que el híbrido ABT-8576 con 23.50 % fue de menor porcentaje.

En cuanto a densidad de población de plantas el híbrido que destaca con mayor población fue el híbrido testigo Arrayan-plus, con 94, Pl/ha, mientras que el híbrido con menor densidad fue Torreón II con 58 Pl/ha, debido a que su poder germinativo fue muy bajo.

De acuerdo con los resultados del trabajo realizado en floración masculina indica una variación de 70 a 90 días. El híbrido más precoz relativo entre los demás en el experimento, fue el HT-9019, mientras que el más tardío fue el híbrido Torreón II.

El híbrido con mejor respuesta en ENL, fue Torreón II con 1.70, Mcal/kg.

Los híbridos de mayor producción de materia seca resultaron con bajos contenidos de fibra detergente ácida.

Los híbridos con mayor rendimiento de materia seca por hectárea fueron los que mostraron menor porcentaje de fibra detergente neutra, entre los que están HT-9019, Arrayan-plus y JPX-102, con valores de 27, 28, 36 %, respectivamente.

VI. LITERATURA CITADA

- Antolín, DM; González, RM; Goñi, CS; Domínguez V, IA; Ariciaga, GC. 2009. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado.
- Amador, A.L: Boschini, F.C 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* Pp. 1-177.
- Arguillier o., Mechin V.B. 2000. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop SCI.* 40: 1596-1600.
- Bernal M.L.2008. Híbridos experimentales del CYMMYT para la comarca lagunera. Tesis profesional UAAAN – UL. Torreón, Coahuila, México.
- Beriola M. L, 2002. El cultivo de Maíz para ensilaje, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Lomas de Zamora 1ra parte.
- Cantú, B. J. E. 2001. Modelo de producción sustentable de forrajes para la producción de leche en regiones con limitante de agua. Tesis de Doctorado. División de estudios de posgrado. FAZ-UJED. Venecia, Durango.
- Cueto W .J Reta S.D Barrientos R .J, González C.G y Salazar S.E 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 29. Chapingo, México. Pp. 97-101.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Edición 2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed). México, D. F. 323 P.
- Daña V. D. J. F. 2005. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro, El Maíz como cultivo Forrajero.
- De La cruz L. E., Rodríguez S.A., Estrada M.A., Mendoza J.D. y Brito N.P. 2005. Análisis Dialélico de líneas de Maíz QPM para características Forrajeras.
- El Siglo de Torreón, 2006. Suplemento Económico de la producción.
- Guerrero A. 1992. Cultivos herbáceos extensivos 5ª edición, m9undi-prensa, Madrid, España, pp. 185-186.
- García A., Kalscheur K., 2005. Interpretación del análisis del ensilaje de maíz, Noviembre 18.

- Infoagro, 2007. El ensilaje. Una Alternativa para la Conservación de Forrajes. Boletín técnico. Bucaramanga, Pág., 8-9.
- INIFAP, 2007. Tecnología de producción para el cultivo de Maíz de temporal en el Altiplano de San Luis Potosí.
- López E. y Chávez J. L. (1994) Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alogamas. Editorial Trillas, S. A. de C. V. P.50.
- Marchai D.J.M Trujillo A.I.2008. Digestibilidad, Nutrición Animal, Montevideo, Uruguay.
- Martin L. J., Parra R. J., Sánchez G. j., De la cruz L. I., Morales R. M. 2006. Caracterización de maíces criollos del occidente de México. Universidad de Guadalajara, CUCBA, IMAREFI. México. 11 p.
- Tjardes Kent. Interpretación de los análisis de Henos y ensilajes, COLLEGE OF AGRICULTURE, Mayo 2005.
- Turrent - Fernández, A., R. J. Laird, J. I. Cortes F., A Barrios A. 2005: Validity for adpting tecnology to con in México Agrociencia 39: 149-159.
- Thiex N. Interpretación de los Análisis de Ensilaje de Maíz, Extensión. Mayo 2005.
- Usach L., Bencardini J., 2003. Cereales. Universidad de Moran. Facultad de Agronomía.
- Olague R. J., Montemayor T. J. A ., Sánchez B. R., Fortis H. M., Aldaco N. R., 2006, Características Agronómicas y Calidad del Maíz forrajero con riego Sub-superficial, México.
- Palomo Gil (2009), II Evento Demostrativo de Híbridos de Maíz y Sorgo Forrajeros. Paliwal, L.P., G. Granados, J.P. Marathée. 2001. El maíz en los Trópicos: Mejoramiento y producción. FAO. Roma, Italia.
- Peña R. A., Gonzáles CF., Núñez, HG., Jiménez G. C., 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta Producción y Calidad Forrajera. Rev. Fitotec, México, pp. 1-6.
- Pinter L, Z Alfoldi, Z Burucs, E Paldi (1994) Valor de los híbridos de maíz forrajero varían en tolerancia a la densidad de las plantas. Agron. J. 86: 799-804.
- Robles S. Raúl, 1983. Producción de Granos y Forrajes 5ª edición, México, pp. 76-77.
- Robles S.R., 1983, Producción de granos y forrajes. Cuarta edición. Editorial LIMUSA. México, DF.

- Robles, S.R.1994. Producción de granos y forrajes. Quinta edición.Ed.Limusa. México.
- Reyes C., P, 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Editor, S.A de C.V México. Ripusulan L. Paliwal 2001. El maíz en los trópicos Mejoramiento y Producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal NO 28. ISSN 1014-3041.
- Reta S, DG; Cruz, CS; Palomo, GA; Serrato C, SJ; Cueto W, JA. 2010.
- Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010.
- (Rodríguez, 1996). Heterosis y aptitud combinatoria, para rendimiento y Calidad forrajera, en poblaciones de maíz.
- Rodríguez H. S. A. Santana R. J. Córdoba N. Lozano E.M. Bolaños J. G. (2000) Caracteres de importancia para fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitomejoramiento, Pág. 148.
- Salazar Sosa E., A. Beltrán M., M. Fortis e., J. A. Leos R., J. A. Cueto w., C. Vásquez V., J. J. Peña C. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. TERRA 21:4:569-575.
- Usach L., Bencardini J., 2003. Cereales. Universidad de Moran. Facultad de Agronomía.
- Vergara N.A., Ramírez, M. S., Córdoba N., 2002. Comportamiento de cruza simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco. In: Memoria de la XLVIII reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. República Dominicana. Pág.-52.